

Физико-химические процессы для контроля качества воды.

Weber, Walter J., . John Wiley & Sons (1972). [ISBN 0-471-92435-0](#).

Перевод : Терехин А.С.

Седиментация - это процесс физической **обработки воды** с использованием **силы тяжести** для удаления **взвешенных** твердых частиц из воды. ^[1] Твердые частицы, увлеченные турбулентностью движущейся воды, могут быть естественным образом удалены осаждением в неподвижной воде озер и океанов. **Урегулирующие бассейны** представляют собой пруды, сконструированные с целью удаления захваченных твердых веществ путем седиментации. ^[2] **Очистители** - это резервуары, построенные с механическими средствами для непрерывного удаления твердых частиц, осаждаемых осаждением. ^[3]

ОСНОВЫ

Подвесные твердые вещества (или SS) представляют собой массу сухих твердых веществ, удерживаемых **фильтром** данной **пористости**, связанного с объемом образца воды. Это включает частицы 10 мкм и более.

Коллоиды представляют собой частицы размером от 0,001 мкм до 1 мкм в зависимости от метода количественной оценки. Из-за **броуновского движения** и **электростатических** сил, уравнивающих гравитацию, они вряд ли будут естественным образом рассеиваться.

Предельная скорость осаждения частицы - ее теоретическая скорость спуска в прозрачной и неподвижной воде. В теории процесса **осаждения** частица будет оседать только в том случае, если: -

1. В вертикальном восходящем потоке скорость восходящей воды ниже предельной скорости осадконакопления.
2. В продольном потоке отношение длины резервуара к высоте резервуара выше, чем отношение скорости воды к предельной скорости осаждения.

Удаление взвешенных частиц путем седиментации зависит от размера и **удельного веса** этих частиц. Суспендированные твердые вещества, удерживаемые на фильтре, могут оставаться в суспензии, если их удельный вес подобен воде, в то время как очень плотные частицы, проходящие через фильтр, могут оседать. **Расчетные твердые частицы** измеряют как видимый объем, накопленный на дне конуса Имхофф после того, как вода оседает на один час. ^[4]

Используется гравитационная теория наряду с выводом из **второго закона Ньютона** и **уравнений Навье-Стокса** .

Закон Стокса объясняет зависимость между скоростью осаждения и диаметром частиц. При определенных условиях скорость осаждения частиц прямо пропорциональна квадрату диаметра частиц и обратно пропорциональна вязкости жидкости. ^[5]

Скорость осаждения, определяемая как время пребывания частиц, оседающих в резервуаре, позволяет рассчитать объем резервуара. Точное проектирование и эксплуатация осадительного резервуара имеет большое значение для обеспечения того, чтобы количество осадка, поступающего в систему утечки, достигло минимального порога, поддерживая транспортную систему и стабильность потока для удаления отложений, отводимых от системы. Это достигается за счет уменьшения скорости потока как можно меньше в течение максимально возможного периода времени. Это возможно благодаря расширению канала захода на посадку и опусканию его пола для снижения скорости потока, что позволяет осадконакоплениям оседать из-за силы тяжести. Турбулентность также влияет на поведение осаждения более тяжелых частиц. ^[6]

Дизайн

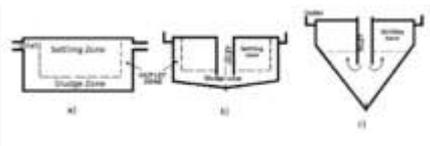


Рисунок 1. Различные конструкции осветлителя

Несмотря на то, что осаждение может возникать в резервуарах других форм, удаление накопленных твердых веществ легче всего с [конвейерными лентами](#) в прямоугольных резервуарах или с скребками, вращающимися вокруг центральной оси круглых резервуаров. ^[7] Расчетные бассейны и осветлители должны быть спроектированы на основе скорости осаждения наименьшей частицы, теоретически удаляемой на 100%. Скорость переполнения определяется как:

$$\text{Скорость переполнения (V}_o\text{)} = \text{расход воды (Q (кубический метр в секунду))} / \text{ (площадь поверхности отстойника (A)) (м}^2\text{)}$$

Единица скорости переполнения обычно равна метрам (или футам) в секунду, скорости. Любая частица со скоростью осаждения (V_s), превышающей скорость переполнения, будет оседать, а другие частицы будут оседать в отношении V_s / V_o . Существуют рекомендации по коэффициентам переполнения для каждой конструкции, которые в идеале учитывают изменение размера частиц по мере того, как твердые частицы перемещаются по операции:

- Охлаждающие зоны: 9,4 мм (0,031 фут) в секунду
- Полнопоточные бассейны: 4,0 мм (0,013 фута) в секунду
- Офф-лайн бассейны: 0,46 мм (0,0015 фута) в секунду ^[8]

Однако такие факторы, как скачки потока, сдвиг ветра, рыскания и турбулентность, снижают эффективность осаждения. Чтобы компенсировать эти менее идеальные условия, рекомендуется удвоить площадь, рассчитанную по предыдущему уравнению. ^[9] Также важно уравнивать распределение потока в каждой точке поперечного сечения бассейна. Плохие конструкции на входе и выходе могут приводить к крайне низким характеристикам потока для осаждения. ^[правильно]

Расчетные бассейны и осветлители могут быть спроектированы как длинные прямоугольники (рис. 1.а), которые гидравлически более стабильны и легче управляются для больших объемов. Циркулярные осветлители (рис.1, б) работают как общий загуститель (без использования граблей) или в качестве емкостей с восходящим потоком (рис.1с).

Эффективность осадконакопления не зависит от глубины резервуара. Если скорость в прямом направлении достаточно низкая, так что осажденный материал не будет повторно зависеть от пола цистерны, площадь остается основным параметром при проектировании осадительного бассейна или осветлителя, следя за тем, чтобы глубина была не слишком низкой.

Оценка основных характеристик процесса

Расчетные бассейны и осветлители предназначены для удержания воды, так что взвешенные твердые частицы могут оседать. В соответствии с принципами седиментации подходящие технологии обработки следует выбирать в зависимости от удельного веса, размера и сопротивления сдвигу частиц. В зависимости от размера и плотности частиц и физических свойств твердых веществ существует четыре типа процессов седиментации:

- Тип 1 - разбавляет, не- [флокулянт](#) , свободное осаждение (каждая частица оседает независимо друг от друга.)
- Тип 2 - Разбавленный, флокулянт (частицы могут флокулировать по мере их осаждения).

- Тип 3 - Концентрированные суспензии, осаждение зоны, затрудненное осаждение (сгущение осадка).
- Тип 4 - Концентрированные суспензии, сжатие (сгущение осадка).

Различные факторы контролируют скорость седиментации в каждом. ^[9]

Урегулирование дискретных частиц

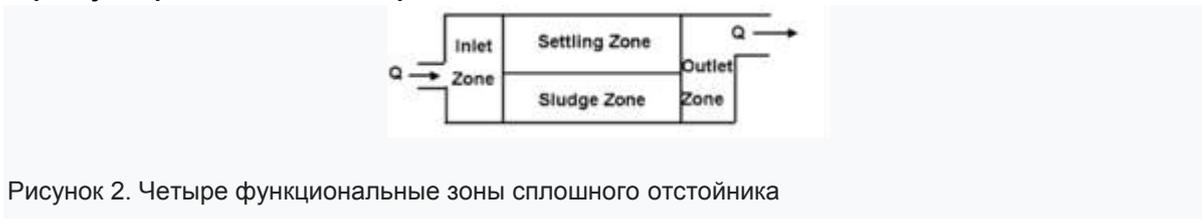


Рисунок 2. Четыре функциональные зоны сплошного отстойника

Непосредственное осаждение - это процесс, который удаляет дискретные частицы в очень низкой концентрации без помех соседним частицам. В общем случае, если концентрация растворов будет ниже 500 мг / л всего взвешенных твердых частиц, осаждение будет считаться дискретным. ^[10] Концентрации общего количества взвешенных твердых веществ (TSS), протекающих в дорожном покрытии, на западе обычно составляют менее 5 мг / л. Концентрации сточных вод отходящих стоков в стоках составляют менее 100 мг / л. ^[11] Частицы сохраняют свой размер и форму во время дискретного осаждения с независимой скоростью. При таких низких концентрациях взвешенных частиц вероятность столкновений частиц очень мала и, следовательно, скорость флокуляции достаточно мала, чтобы ее можно было пренебречь для большинства расчетов. Таким образом, площадь поверхности отстойника становится основным фактором скорости седиментации. Все бассейны с непрерывным оттоком разделены на четыре части: входная зона, зона отстойника, зона осадка и зона выхода (рис. 2).

Во входной зоне поток устанавливается в одном и том же прямом направлении. Осаждение происходит в зоне осаждения в виде потока воды в направлении к зоне выхода. Затем осветленная жидкость вытекает из выходной зоны. Зона осадка: осаденная будет собираться здесь, и обычно мы предполагаем, что она удаляется из потока воды, как только частицы поступают в зону осадка. ^[8]

В идеальном прямоугольном седиментационном резервуаре в зоне осаждения критическая частица входит в верхнюю часть зоны осаждения, а скорость осаждения будет наименьшим значением для достижения зоны осадка, а в конце выходной зоны компонент скорости этой критической частицы V_s , скорость осаждения в вертикальном направлении и V_h в горизонтальном направлении.

Из рисунка 1 время, необходимое для осаждения частицы;

$$t_o = H / V_p = L / V_s \quad (3)$$

Так как площадь поверхности резервуара равна WL , а $V_s = Q / WL$, $V_h = Q / WH$, где Q - расход, W , L , H - ширина, длина, глубина резервуара.

Согласно уравнению 1, это также является основным фактором, который может контролировать производительность осадительного бака, которая называется переполнением. ^[12]

Eq. 2 также сообщают нам, что глубина осадительного резервуара не зависит от эффективности осадконакопления, только если скорость движения вперед достаточно мала, чтобы убедиться, что осаденная масса не будет снова приостановлена с пола резервуара.

Урегулирование флокуляционных частиц

В горизонтальном осадочном резервуаре некоторые частицы могут не следовать по диагональной линии на фиг.1, при этом они оседают быстрее по мере их роста. Таким образом, это говорит о том, что частицы могут расти и развивать более высокую скорость осаждения, если большая глубина с большим временем удерживания. Однако вероятность столкновения была бы еще больше, если бы одно

и то же время удерживания было распределено на более длинном, более мелком резервуаре. Фактически, чтобы избежать гидравлического короткого замыкания, резервуары обычно изготавливаются глубиной 3-6 м с временем удерживания в течение нескольких часов.

Поведение в зоне действия

По мере увеличения концентрации частиц в суспензии достигается точка, где частицы настолько близки друг к другу, что они больше не оседают независимо друг от друга, а поля скоростей жидкости, смещенной смежными частицами, перекрываются. Существует также чистый поток вверх жидкости, перемещаемой осадившимися частицами. Это приводит к уменьшенной скорости осаждения частиц, и эффект известен как затрудненное осаждение.

Существует общий случай возникновения затрудненного осаждения. вся суспензия имеет тенденцию оседать как «одеяло» из-за чрезвычайно высокой концентрации частиц. Это известно как осаждение зоны, поскольку легко провести различие между несколькими различными зонами, которые разделены разрывами концентрации. На фиг.3 представлены типичные испытания колонны осаждения на суспензии с характеристиками зонального осаждения. Существует четкий интерфейс вблизи верхней части колонны, который будет образован для отделения массы осаждаемого осадка от осветленного супернатанта до тех пор, пока такая суспензия не будет стоять в отстойнике. По мере того как подвеска оседает, этот интерфейс будет двигаться вниз с той же скоростью. В то же время есть интерфейс вблизи дна между этой осевшей подвеской и подвесным одеялом.

Сжатие установки

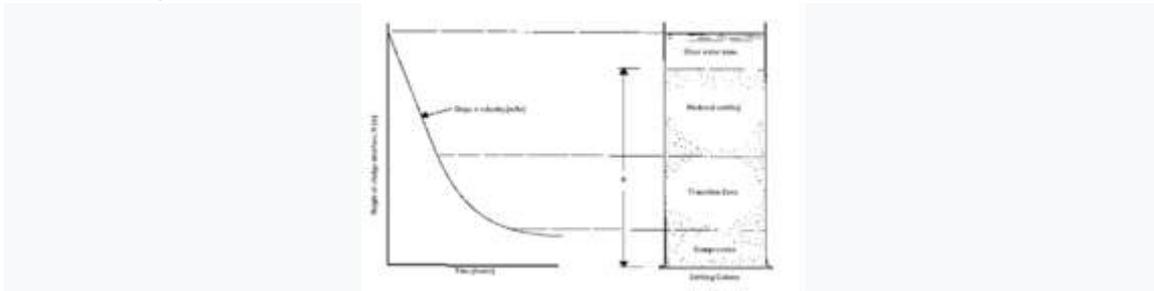


Рисунок 3: Типичный тест колонкового осаждения на суспензии с характеристиками зонального осаждения

Отстаивающие частицы могут контактировать друг с другом и возникать при приближении к полу отстойников при очень высокой концентрации частиц. Таким образом, дальнейшее осаждение будет происходить только в скорректированной матрице, поскольку скорость осаждения уменьшается. Это можно проиллюстрировать нижней областью диаграммы осаждения зоны (рис. 3). В зоне сжатия осажденные твердые вещества сжимаются под действием силы тяжести (масса твердых веществ), так как осажденные твердые вещества сжимаются под весом вышележащих твердых тел, а вода выжимается, а пространство становится меньше.

Приложения

Обработка питьевой воды

Осаждение в [питьевой воде](#) обычно следует за стадией химической коагуляции и [флокуляции](#), что позволяет группировать частицы вместе в хлопья большего размера. Это увеличивает скорость осаждения взвешенных твердых частиц и позволяет осадить коллоиды.

Очистка сточных вод

Основная статья: [Очистка сточных вод](#)

Седиментация использовалась для очистки сточных вод в течение тысячелетий. ^[13]

Первичная обработка из сточных вод является удаление плавающих и твердых веществ через осаждение осадка. ^[14] Первичные осветлители уменьшают содержание взвешенных твердых веществ, а также загрязняющих веществ, встроенных в взвешенные твердые вещества. ^[15]: 5-9. Из-за большого количества реагента, необходимого для очистки бытовых сточных вод, предварительная химическая коагуляция и флокуляция обычно не используются, а оставшиеся взвешенные твердые вещества уменьшаются на следующих стадиях системы. Однако коагуляция и флокуляция могут быть использованы для строительства компактной очистной установки (также называемой «установкой для обработки упаковки») или для дальнейшей полировки обработанной воды. ^[16]

Седиментационные резервуары, называемые «вторичными осветлителями», удаляют хлопья биологического роста, созданные в некоторых методах вторичной обработки, включая активированный ил, фильтры стекания и вращающиеся биологические контакторы. ^[15]: 13

ССЫЛКИ [[редактировать](#)]

1. [Перейти вверх](#) Omelia, C (1998). «Коагуляция и осаждение в озерах, водохранилищах и водоочистных сооружениях». *Водная наука и техника*. **37** (2): 129. doi : [10.1016 / S0273-1223 \(98\) 00018-3](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(98)00018-3).
2. [Перейти вверх](#) Голдман, Стивен Дж., Джексон, Катарина и Бурштынский, Тарас А. *Эрозия и руководство по контролю осадконакопления*. McGraw-Hill (1986). ISBN 0-07-023655-0. С. 8.2, 8.12.
3. [Прыжок вверх](#) Молот, Марк Дж. *Вода и технология сточных вод*. John Wiley & Sons (1975). ISBN 0-471-34726-4. pp. 223-225.
4. [Прыгай](#) Франсон, Мэри Энн. *Стандартные методы исследования воды и сточных вод*. 14-е изд. (1975) APHA, AWWA и WPCF. ISBN 0-87553-078-8. С. 89-98
5. [Перейти вверх](#) Beatop (Zhuhai) Instruments Ltd., Чжухай, Китай. «Технология и применение измерения размера частиц седиментации». Доступ к 13 октября 2013 года.
6. [Перейти вверх](#) Voeriu, P., Roelvink, JA, Simanjuntak, TD, «Рассмотрение процесса осадконакопления в расселяющемся бассейне». *J. Hydrol. Hydromech.* 2009, стр. 16-25.
7. [Перейти вверх](#) Меткалф и Эдди. *Инженерная техника сточных вод*. McGraw-Hill (1972). pp. 449-453.
8. [Перейти в: abc](#) Западный региональный центр аквакультуры, Вашингтонский университет. Сиэтл, штат Вашингтон (2001). «Расчетная конструкция бассейна». Публикация WRAC № 106.
9. [Перейти вверх](#) Британская Колумбия Министерство окружающей среды, земель и парков. (1997): Руководящие принципы для оценки конструкции, размера и эксплуатации осадочных прудов, используемых в горнодобывающей промышленности; Сектор предотвращения загрязнения.
10. [Перейти вверх](#) Отдел планирования и местного самоуправления, Аделаида, Австралия (2010). «Экологичный городской дизайн». *Техническое руководство для региона Большой Аделаиды*. Правительство Южной Австралии, Аделаида.
11. [Перейти вверх](#) Канализация и водный совет Нового Орлеана, Луизиана (2013). «Процесс очистки воды на заводе Карролтоне». Доступ к 14 октября 2013 года.
12. [Подпрыгните вверх](#) «Проект осадочного резервуара». Лекционные заметки от Waste & Wastewater Engineering 2006, Национальная программа по усовершенствованному технологическому обучению, Ченнай, Индия. Доступ к 14 октября 2013 года.
13. [Jump up](#) Chatzakis, MK, Lyrintzis, AG, Mara, DD и Angelakis, AN (2006). «Седиментационные танки через века». Материалы 1-го Международного симпозиума IWA по воде и сточным технологиям в древних цивилизациях, Ираклио, Греция, 28-30 октября 2006 г., стр. 757-762.
14. [Перейти вверх](#) Steel, EW & McGhee, Terence J. *Водоснабжение и канализация*. (5-е изд.) Макгроу-Хилл (1979). ISBN 0-07-060929-2. С. 469-475
15. [Перейти в: ab](#) Агентство по охране окружающей среды США (EPA). Вашингтон, округ Колумбия (2004). «Грунтовка для муниципальных систем очистки сточных вод». Документ №. EPA 832-R-04-001.
16. [Перейти вверх](#) EPA. Вашингтон, округ Колумбия (2000). «Пакетные установки». Технологический бюллетень технологий сточных вод. Документ №. EPA 832-F-00-016.

